

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-321025

(43)Date of publication of application : 03.12.1996

(51)Int.Cl.

G11B 5/60

// G11B 21/21

(21)Application number : 07-128169

(71)Applicant : HITACHI LTD

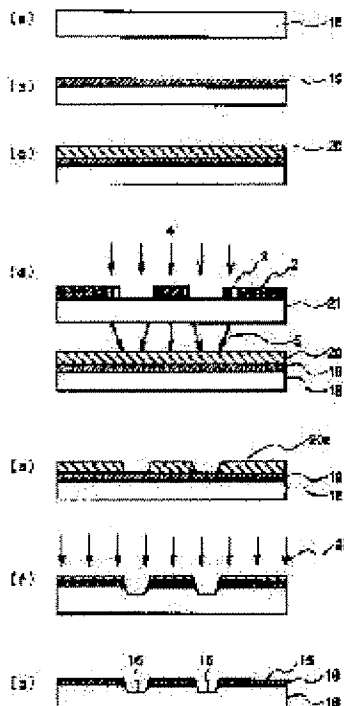
(22)Date of filing : 26.05.1995

(72)Inventor : OKAWA TAKAKO

HIYOSHI YASUO

IMAYAMA HIROTAKA

## (54) PHOTOMASK AND ION MILLING METHOD AS WELL AS METHOD FOR WORKING MAGNETIC HEAD



(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to obtain slider rails (slider patterns) having high reliability to prevent redeposits from remaining on side walls.

CONSTITUTION: Magnetic head substrates 18, 19 formed with a photosensitive material 20 are prep'd. on a slider surface. A photomask 21 formed with diffraction gratings 3 at least at the ends of mask patterns 2 is irradiated with exposing light 4 and the exposing light 4 is diffracted by the diffraction gratings 3, by which the mask patterns 2 are exposed and transferred to the photosensitive material 20. The photosensitive material 20 is thereafter developed to impart a taper angle to the side walls of the patterns of the photosensitive material. The slider surface of the magnetic head substrate is irradiated with an ion beam 22 with the photosensitive material given the taper angle on the side walls of such patterns as a mask, by which the slider surface is

ion milled and the slider rails 15 to prevent the redeposits from remaining on the side walls are formed. The photosensitive material is thereafter removed.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

• [Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The photo mask characterized by having the mask pattern formed by the diffraction grating.

[Claim 2] The photo mask according to claim 1 characterized by said diffraction grating being a phase grating.

[Claim 3] The photo mask according to claim 1 characterized by the grid pitch changing serially in said diffraction grating.

[Claim 4] The photo mask characterized by the thing of a mask pattern for which the edge was formed by the diffraction grating at least.

[Claim 5] The photo mask according to claim 4 characterized by said diffraction grating being a phase grating.

[Claim 6] The photo mask according to claim 4 characterized by the grid pitch changing serially in said diffraction grating.

[Claim 7] The patterning approach to the photosensitive ingredient which irradiates exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, is made to diffract exposure light by said diffraction grating, carries out the exposure imprint of said mask pattern at a photosensitive ingredient, and is characterized by developing the account photosensitivity ingredient of back to front, and giving a taper angle to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient.

[Claim 8] Prepare the processed substrate in which the photosensitive ingredient was formed, irradiate exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, make exposure light diffract by said diffraction grating, and the exposure imprint of said mask pattern is carried out at said photosensitive ingredient. The etching processing approach characterized by using as a mask the photosensitive ingredient with which that account photosensitivity ingredient of back to front was developed, the taper angle was given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient, and the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern, and performing etching processing to a processed substrate.

[Claim 9] Prepare the processed substrate in which the photosensitive ingredient was formed, irradiate exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, make exposure light diffract by said diffraction grating, and the exposure imprint of said mask pattern is carried out at said photosensitive ingredient. Develop the account photosensitivity ingredient of back to front, and a taper angle is given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient. The ion milling processing approach which uses as a mask the photosensitive ingredient with which the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern, and is characterized by irradiating an ion beam to said processed substrate, and performing ion milling processing.

[Claim 10] Prepare the magnetic-head substrate in which the photosensitive ingredient was formed to the slider side, irradiate exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, make exposure light diffract by said diffraction grating, and the exposure imprint of said mask pattern is carried out at said photosensitive ingredient. Develop the account photosensitivity ingredient of back to front, and a taper angle is given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient. The processing approach of the magnetic head which uses as a mask the photosensitive ingredient with which the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern, and is characterized by performing etching processing to the slider side of said magnetic-head substrate, forming a slider rail, and removing a photosensitive ingredient after that.

[Claim 11] Prepare the magnetic-head substrate in which the photosensitive ingredient was formed to the slider side, irradiate exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, make exposure light diffract by said diffraction grating, and the exposure imprint of said mask pattern is carried out at said photosensitive ingredient. Develop the account photosensitivity ingredient of back to front, and a taper angle is given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient. The processing approach of the magnetic head which uses as a

mask the photosensitive ingredient with which the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern, and is characterized by irradiating an ion beam to the slider side of said magnetic-head substrate, performing ion milling processing, forming a slider rail, and removing a photosensitive ingredient after that.

[Claim 12] Prepare the magnetic-head substrate in which the photosensitive ingredient was formed to the slider side, irradiate exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, make exposure light diffract by said diffraction grating, and the exposure imprint of said mask pattern is carried out at said photosensitive ingredient. Develop the account photosensitivity ingredient of back to front, and a taper angle is given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient. The slider rail with which the photosensitive ingredient with which the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern is used as a mask, an ion beam is irradiated to the slider side of said magnetic-head substrate, ion milling processing is performed, and a reattachment object does not remain in a side attachment wall is formed. The processing approach of the magnetic head characterized by removing a photosensitive ingredient after that.

#### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to a photo mask applicable also to a semi-conductor manufacture process, the patterning approach (lithography technique) of photosensitive ingredient HE, the etching processing approach, and the processing approach of the magnetic head of processing the slider rail of the magnetic head etc. into the ion milling processing approach list.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the photo mask used for exposure of a photosensitive ingredient forms the pattern which covers light by the chromium film on the substrate of a quartz. The attempt which raises the resolution limit using a phase shift mask is made as indicated by OplusENo.14(November, 1991) p.p.82-88 in recent years.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The light which passed the conventional photo mask was a thing with optical intensity distribution as shown in drawing 11 (a). By the way, the part of the photosensitive ingredient of a negative mold by which light was irradiated becomes insoluble to a lifting developer about crosslinking reaction. The luminous intensity which reaches to the pars basilaris ossis occipitalis of a resist [ although exposure light reinforcement becomes weak so that exposure light is absorbed by crosslinking reaction and it goes to a resist pars basilaris ossis occipitalis, as the light reinforcement of the edge of a pattern is shown in drawing 11 (a) from the first / a part for a core ] since it is weak is as large as a pattern core, and an edge becomes small. Therefore, since a bridge formation field serves as a reverse trapezoid configuration as the resist upper part shows more widely to drawing 11 (a), the configuration after development will turn into a back taper configuration as shown in drawing 11 (b). That is, when carrying out exposure development of the photosensitive ingredient of a negative mold using the conventional photo mask, it had the technical problem that the include angle (it is called a taper angle below) which the side attachment wall of a photosensitive ingredient and a processed substrate make will become a back taper configuration beyond 90 degrees or it.

[0004] The purpose of this invention is to offer the patterning approach of the photo mask with which the forward tapered shape configuration of 90 or less degrees was acquired in the side attachment wall of a photosensitive ingredient, and the taper angle which a processed substrate makes that the above-mentioned technical problem should be solved, and photosensitive ingredient HE. Moreover, other purposes of this invention are to offer the patterning approach of the photo mask with which the include angle of arbitration was obtained as the side attachment wall of a photosensitive ingredient, and a taper angle which a processed substrate makes, and photosensitive ingredient HE. Moreover, other purposes of this invention are to offer the etching processing approach and the ion milling processing approach of having been made to perform etching processing or ion milling processing by which a reattachment object does not remain in a side attachment wall to the processed substrate in which the photosensitive ingredient was formed. Moreover, other purposes of this invention are to offer the processing approach of the magnetic head that the slider rail (slider pattern) which has the high-reliability with which a reattachment object does not remain in a side attachment wall was obtained.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention is a photo mask characterized by having the mask pattern formed by the diffraction grating. Moreover, this

invention is a photo mask characterized by the thing of a mask pattern for which the edge was formed by the diffraction grating at least. Moreover, this invention is characterized by said diffraction grating being a phase grating in said photo mask. Moreover, this invention is characterized by the grid pitch changing serially in said diffraction grating in said photo mask.

[0006] Moreover, this invention is the patterning approach to the photosensitive ingredient which irradiates exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, is made to diffract exposure light by said diffraction grating, carries out the exposure imprint of said mask pattern at a photosensitive ingredient, and is characterized by developing the account photosensitivity ingredient of back to front, and giving a taper angle to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient. Moreover, this invention prepares the processed substrate in which the photosensitive ingredient was formed, irradiates exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, makes exposure light diffract by said diffraction grating, and carries out the exposure imprint of said mask pattern at said photosensitive ingredient. It is the etching processing approach characterized by using as a mask the photosensitive ingredient with which that account photosensitivity ingredient of back to front was developed, the taper angle was given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient, and the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern, and performing etching processing to a processed substrate.

[0007] Moreover, this invention prepares the processed substrate in which the photosensitive ingredient was formed, irradiates exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, makes exposure light diffract by said diffraction grating, and carries out the exposure imprint of said mask pattern at said photosensitive ingredient. Develop the account photosensitivity ingredient of back to front, and a taper angle is given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient. It is the ion milling processing approach which uses as a mask the photosensitive ingredient with which the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern, and is characterized by irradiating an ion beam to said processed substrate, and performing ion milling processing. Moreover, this invention prepares the magnetic-head substrate in which the photosensitive ingredient was formed to the slider side. Irradiate exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, make exposure light diffract by said diffraction grating, and the exposure imprint of said mask pattern is carried out at said photosensitive ingredient. Develop the account photosensitivity ingredient of back to front, and a taper angle is given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient. It is the processing approach of the magnetic head which uses as a mask the photosensitive ingredient with which the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern, and is characterized by performing etching processing to the slider side of said magnetic-head substrate, forming a slider rail, and removing a photosensitive ingredient after that.

[0008] Moreover, this invention prepares the magnetic-head substrate in which the photosensitive ingredient was formed to the slider side. Irradiate exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, make exposure light diffract by said diffraction grating, and the exposure imprint of said mask pattern is carried out at said photosensitive ingredient. Develop the account photosensitivity ingredient of back to front, and a taper angle is given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient. Use as a mask the photosensitive ingredient with which the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern, irradiate an ion beam to the slider side of said magnetic-head substrate, perform ion milling processing, and a slider rail is formed. It is the processing approach of the magnetic head characterized by removing a photosensitive ingredient after that. Moreover, this invention prepares the magnetic-head substrate in which the photosensitive ingredient was formed to the slider side. Irradiate exposure light at the photo mask of a mask pattern which formed the edge by the diffraction grating at least, make exposure light diffract by said diffraction grating, and the exposure imprint of said mask pattern is carried out at said photosensitive ingredient. Develop the account photosensitivity ingredient of back to front, and a taper angle is given to the side attachment wall of the pattern in a photosensitive ingredient. The slider rail with which the photosensitive ingredient with which the taper angle was given to the side attachment wall of this pattern is used as a mask, an ion beam is irradiated to the slider side of said magnetic-head substrate, ion milling processing is performed, and a reattachment object does not remain in a side attachment wall is formed. It is the processing approach of the magnetic head characterized by removing a photosensitive ingredient after that.

[0009]

[Function] By the way, when etching by making a photosensitive ingredient into mask material, in the

case of reactive ion etching which impressed especially ion milling and high bias voltage, the phenomenon in which the shaved substrate ingredient carries out the reattachment to the side attachment wall of a photosensitive ingredient arises. That is, the matter which carried out the reattachment of the case beyond it to the side attachment wall of a photosensitive ingredient or the taper angle of a photosensitive ingredient was perpendicularly near forms the thick reattachment object 23 as shown in drawing 10 (a), without being etched since a pan is hardly carried out to the ion irradiated. And after removing this photosensitive ingredient, the reattachment object 23 forms the abnormalities of the letter of a projection like drawing 10 (b) in many cases. If it appears in the case of surfacing side processing of the magnetic head, it will become impossible to use such a configuration as a component. since the direction of the rate etch from the rate which the ingredient which it be desirable for a taper angle as show the taper angle of a photosensitive ingredient to drawing 1 (b) to be the forward tapered shape configuration of 90 or less degrees, and carried out the reattachment be also always expose to ion, for example, will carry out the reattachment of the resist if the taper angle of a resist be about 70 or less degrees when etch an alumina titanium carbide into a mask in order to prevent such a phenomenon become early, a reattachment object be form. Then, this invention is in the thing of a mask pattern for which a diffraction grating is formed in an edge at least, and the side attachment wall of a photosensitive ingredient is formed in a forward tapered shape configuration. Thereby, as a processed substrate, it is for example, a magnetic-head substrate, and in case surfacing side processing is carried out, the slider rail (slider pattern) with which a reattachment object does not remain can be processed into a side attachment wall, and, as a result, the highly reliable magnetic head can be manufactured.

[0010] Moreover, this invention can give a desired taper angle to the side attachment wall of a photosensitive ingredient in a semi-conductor manufacture process by [ of a mask pattern ] forming a desired diffraction grating in an edge at least.

[0011]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained according to a drawing.

(Example 1) The chromium film with which drawing 1 shows the outline process at the time of forming a resist mask using the photo mask concerning this invention, 1 forms a photo mask and 2 forms the pattern of a photo mask, the ultraviolet rays for [ 3 ] exposure in a diffraction grating and 4 (exposure light), and 5 are processed substrates (magnetic-head substrate) for the diffracted light and 9 to form a resist (photosensitive ingredient), and for 7 form resist mask (photosensitive ingredient mask) 9a. Resist mask (photosensitive ingredient mask) 9a is formed at the following processes using the photo mask 1 concerning this invention. A resist 9 is applied to the processed substrate (magnetic-head substrate) 7, and the exposure imprint of this resist (photosensitive ingredient) 9 is carried out by ultraviolet rays (exposure light) 4 using the photo mask 1 of a pattern which formed the diffraction grating 3 in the edge at least. At this time, ultraviolet rays (exposure light) 4 are covered with the chromium film (photo mask ingredient) 2, go straight on in the field of a center section without the chromium film 2, are diffracted in the field of a diffraction grating 3, and produce the diffracted light 5. Angle-of-diffraction thetaa of this diffracted light 5 It is expressed with the formula shown below (several 1).

[0012]

$\sin \theta_{aa} = \lambda / d$  (several 1)

However, thetaa The wavelength of ultraviolet rays (exposure light) 4 and d of an angle of diffraction and lambda are the pitches of a diffraction grating 3. Moreover, it is include-angle thetab expressed with the formula showing the diffracted light below when the diffracted light 5 carries out incidence to a resist 9 (several 2). It is refracted and the inside of a resist 9 is progressed.

$\sin \theta_{ab} = \sin \theta_{aa} / n_r$  (several 2)

However, thetab Angle of refraction and nr It is the refractive index of a resist 9. When the pitch (lattice spacing) d of a diffraction grating 3 sets wavelength lambda of 0.7 micrometers and ultraviolet rays (exposure light) 4 to 0.365 micrometers in a place, it is angle-of-diffraction thetaa. It becomes about 31 degrees from the relation of the above-mentioned (several 1) formula. Moreover, refractive index nr of a resist 9 Since it is about 1.5, it is angle-of-refraction thetab. It becomes about 20 degrees from the relation of the above-mentioned (several 2) formula. Therefore, it sets to the field of a diffraction grating 3, and is angle-of-diffraction thetaa. The diffracted light 5 diffracted at about 31 degrees is angle-of-refraction thetab. It has at about 20 degrees, the field where it progressed aslant and the diffracted light passed through the inside of a resist 9 constructs a bridge, and the taper angle alpha of resist mask (photosensitive ingredient mask) 9a after development serves as a forward tapered shape configuration at about 70 degrees.

[0013] (Example 1 of a comparison) Drawing 2 shows the outline process at the time of forming a resist mask using the conventional photo mask, applies a resist 9 like the example 1 of this invention, and

exposes it by ultraviolet rays 4 using a photo mask 11. Since a diffraction grating did not exist in a photo mask 11, light always went straight on, and taper angle  $\alpha'$  of resist mask (photosensitive ingredient mask) 9a after development was about 90 degrees.

[0014] (Example 2) Drawing 3 shows the outline process at the time of changing into the titanium oxide film the ingredient which forms the pattern of the diffraction-grating part of the photo mask of an example 1 from the chromium film, and produces the diffracted light 5 like an example 1 in the part of the diffraction grating 13 of a photo mask 12 also in this case, and the taper angle  $\alpha$  of resist mask (photosensitive ingredient mask) 9a becomes about 70 degrees. In order that, as for the case of an example 1, light may not penetrate the part of the chromium film of a diffraction grating 3, the one half of ultraviolet rays (exposure light) 4 is covered, and the reinforcement of the diffracted light 5 becomes below one half. On the other hand, in the case of this example, since a diffraction grating is the phase grating 13 formed with the titanium oxide film which penetrates light, the reinforcement of the diffracted light 5 is stronger than the case of an example 1. Then, also when using the resist (photosensitive ingredient) of a thick film, in order that the diffracted light 5 may reach to a resist pars basilaris ossis occipitalis, the effectiveness of this invention can be attained enough.

[0015] (Example 3) Drawing 4 shows the outline process at the time of it not being fixed and making the grid pitch of the diffraction grating of the photo mask of an example 1 the periphery section of a mask pattern become small, the pitch of diffraction-grating 3' of a photo mask 14 is set to 3 to 0.7 micrometers, and a grid pitch is as narrow as a periphery part. Also in this case, the diffracted light 5 is produced like an example 1 in the part of diffraction-grating 3'. It responds to the grid pitch  $d$  and is angle-of-diffraction  $\theta_{aa}$ . It changes and is angle-of-diffraction  $\theta_{aa}$  at the outermost periphery of a mask pattern. It is about 30 degrees. It is angle-of-refraction  $\theta_{ab}$  in a resist (photosensitive ingredient) 9. Refracting and carrying out incidence at about 20 degrees, the taper angle  $\alpha$  of resist mask (photosensitive ingredient mask) 9a after development becomes about 70 degrees.

[0016] (Example 4) Drawing 5 is the result of measuring the taper angle  $\alpha$  of resist mask (photosensitive ingredient mask) 9a when changing the pitch  $d$  of the diffraction grating of the photo mask concerning this invention. As a resist (photosensitive ingredient) 9, the resist of a negative mold with a thickness of 5 micrometers was used. That the drawing solid line showed is include-angle (whenever [ angle-of-refraction ])  $\theta_{ab}$  in which the incident light to the inside of a resist 9 is the field of the processed substrate 7, and include-angle  $\theta_{ac}$  to make, and light refracts for which and carries out incidence into a resist 9. It uses and is further expressed with the formula shown below (several 3) from the relation between the above-mentioned (several 1) formula and (several 2) a formula.

$\theta_{ac} = 90 \text{ degree} - \theta_{ab} = 90 \text{ degree} - \sin^{-1}(\lambda / (d \cdot n_r))$  (several 3)

In addition, it is referred to as 0.365 micrometers and the wavelength  $\lambda$  of ultraviolet rays (exposure light) 4 is the refractive index  $n_r$  of a resist 9. It is referred to as about 1.5. Ultraviolet rays (exposure light) 4 are include-angle  $\theta_{ac}$  to the field of the processed substrate 7 about the inside of a resist 9. Progressing aslant, the taper angle  $\alpha$  of resist mask (photosensitive ingredient mask) 9a is include-angle  $\theta_{ac}$  as a result. Exposure development is carried out at an almost equal value. The taper angle  $\alpha$  of resist mask (photosensitive ingredient mask) 9a is controllable to 60-87 degrees and arbitration by changing the pitch  $d$  of a diffraction grating with 0.5-5 micrometers using such a property.

[0017] (Example 5) Drawing 6 is the perspective view showing the magnetic head which processed the slider rail (slider pattern) using the photo mask concerning this invention. The magnetic head shown in drawing 6 consists of the slider rail 15, the slider slot 16, the taper section 17, and a magnetic cell 61 formed in the end face, and has the function which surfaces by the airstream from taper section 17 direction at the time of magnetic-disk rotation. The depth of the slider slot 16 is about 100 micrometers in about 10 micrometers and a part with the thinnest width of face of a rail 15. The processing approach of the slider rail in this magnetic head is explained using drawing 7. After forming a magnetic cell 61, after forming the protective coat 19 suitable on the alumina titanium carbide 18 by which cutting polish was carried out by sputtering to the letter of a block, the film resist (photosensitive ingredient) 20 of the negative mold which is mask material is laminated. Here, using the photo mask 21 (shown in drawing 8.) which formed the diffraction grating 3 in the periphery section of the slider pattern (slider rail) of the magnetic head, the exposure imprint of the film resist (photosensitive ingredient) 20 is carried out, negatives are developed with a sodium-carbonate water solution, and resist mask (photosensitive ingredient mask) 20a is formed. Since the pitch  $d$  of a diffraction grating 3 is 0.7 micrometers, it diffracts light at about 30 degrees, and the taper angle  $\alpha$  of film resist mask (photosensitive ingredient mask) 20a becomes about 70 degrees. The almost parallel ion beam 22 is irradiated to a protective coat 19 and the alumina titanium carbide 18 using argon gas by making this film resist mask (photosensitive ingredient mask) 20a into mask material, and 10-micrometer recessing is performed by ion milling.

Although the reattachment of the alumina titanium carbide processed at this time is once carried out to the side attachment wall of film resist mask (photosensitive ingredient mask) 20a, since the taper angle of film resist mask 20a is as small as 70 degrees, the side attachment wall of film resist mask 20a is also processed at sufficient rate, and, in a reattachment object, the side attachment wall of film resist mask 20a does not remain in the side attachment wall of a slot 16 from the first, either. And a reattachment object can form in a slide side (surfacing side) the slide rail 15 which has the high-reliability which does not remain in a side attachment wall by removing film resist mask 20a after ion milling.

[0018] Thus, according to this example, resist mask (photosensitive ingredient mask) 20a is formed for a diffraction grating using the photo mask of a mask pattern formed in the edge at least. When the slider slot 16 is processed on the surfacing side (slider side) of the magnetic-head substrates 18 and 19 and the slider rail (slider pattern) 15 is formed in it by ion milling (etching), Since a reattachment object does not arise on the side attachment wall of the slider slot 16, the slider rail of the reliable magnetic head can be obtained.

[0019] Drawing 9 is what shows the outline process at the time of forming the resist mask (photosensitive ingredient mask) of a positive type using the photo mask concerning this invention. (Example 6) The chromium film with which 26 forms a photo mask and 2 forms the pattern of a photo mask, They are the substrates for semi-conductors for the ultraviolet rays for [ 3 ] exposure in a diffraction grating and 4 (exposure light) and 5 to form the diffracted light, and for 27 form resist mask (photosensitive ingredient mask) 27a, as for the resist (photosensitive ingredient of a positive type) of a positive type, and 7a etc. Also in the 6th example, resist mask (photosensitive ingredient mask) 27a is formed at the following processes using the photo mask 26 applied to this invention like the 1st example. The resist (photosensitive ingredient of a positive type) 27 of a positive type is applied to substrate 7a for semi-conductors etc., and the exposure imprint of this resist (photosensitive ingredient) 27 is carried out by ultraviolet rays (exposure light) 4 using the photo mask 26 of a pattern which formed the diffraction grating 3 in the edge at least. At this time, ultraviolet rays (exposure light) 4 are covered with the chromium film 2, go straight on in the field of a center section without the chromium film 2, are diffracted in the field of a diffraction grating 3, and produce the diffracted light 5. When the pitch (lattice spacing)  $d$  of a diffraction grating 3 sets wavelength  $\lambda$  of 0.7 micrometers and ultraviolet rays (exposure light) 4 to 0.365 micrometers in a place, it is angle-of-diffraction  $\theta_a$ . It becomes about 31 degrees from the relation of the above-mentioned (several 1) formula. Moreover, refractive index  $n_r$  of the resist 27 of a positive type Since it is about 1.5, it is angle-of-refraction  $\theta_b$ . It becomes about 20 degrees from the relation of the above-mentioned (several 2) formula.

[0020] Therefore, it sets to the field of a diffraction grating 3, and is angle-of-diffraction  $\theta_a$ . The diffracted light 5 diffracted at about 31 degrees is angle-of-refraction  $\theta_b$ . It has at about 20 degrees, the field where it progressed aslant and the diffracted light passed through the inside of the resist 27 of a positive type is dissolved to a developer, and the taper angle  $\alpha$  of resist mask (photosensitive ingredient mask of positive type) 27a of the positive type after development serves as a back taper configuration at about 110 degrees. And the taper angle  $\alpha$  of resist mask (photosensitive ingredient mask of positive type) 27a of a positive type is controllable to 93-120 degrees and arbitration by changing the pitch  $d$  of the above-mentioned diffraction grating 3 with 0.5-5 micrometers. This example is applicable also to the manufacture process of a semi-conductor.

[0021]

[Effect of the Invention] According to this invention, the effectiveness that the forward tapered shape configuration of 90 or less degrees can acquire the side attachment wall of a photosensitive ingredient and the taper angle which a processed substrate makes is done so. Moreover, according to this invention, the effectiveness that the include angle of arbitration can be obtained as the side attachment wall of a photosensitive ingredient and a taper angle which a processed substrate makes is done so. Moreover, according to this invention, the effectiveness that etching processing or ion milling processing by which a reattachment object does not remain in a side attachment wall to the processed substrate in which the photosensitive ingredient was formed can be performed is done so. Moreover, according to this invention, in the magnetic head, the effectiveness that the slider rail (slider pattern) which has the high-reliability with which a reattachment object does not remain in the side attachment wall of a slider slot can be obtained is done so. That is, in case surfacing side processing is carried out, the slider rail (slider pattern) with which a reattachment object does not remain can be processed into a side attachment wall, and the effectiveness that the highly reliable magnetic head can be manufactured as a result is done so. Moreover, according to this invention, in a semi-conductor manufacture process, the effectiveness which can give a desired taper angle to the side attachment wall of a photosensitive ingredient is done so by [ of a mask pattern ] forming a desired diffraction grating in an edge at least.



## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the lithography process which carries out the exposure imprint of the pattern using the photo mask which is the 1st example concerning this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the lithography process which is the example of a comparison compared about the example concerning this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing the lithography process which carries out the exposure imprint of the pattern using the photo mask which is the 2nd example concerning this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the lithography process which carries out the exposure imprint of the pattern using the photo mask which is the 3rd example concerning this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the pitch of a diffraction grating and the relation of a taper angle which are the 4th example concerning this invention.

[Drawing 6] It is the perspective view showing the slider of the magnetic head concerning the 5th example of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the outline process which processes the slider of the magnetic head concerning the 5th example of this invention.

[Drawing 8] It is the top view showing the photo mask for sliders of the magnetic head concerning the 5th example of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing the lithography process which carries out the exposure imprint of the pattern using the photo mask which is the 6th example concerning this invention.

[Drawing 10] It is the sectional view showing the condition that the reattachment object adhered to the resist mask and the side attachment wall of a slot.

[Drawing 11] It is the sectional view showing the conventional lithography process.

## [Description of Notations]

1 -- A photo mask, 2 -- A photo mask ingredient (chromium film), 3 -- Diffraction grating

4 -- Ultraviolet rays (exposure light), 5 -- The diffracted light, 7 -- Processed substrate (magnetic-head substrate)

9 -- A resist (exposure nature ingredient), 12 -- Photo mask using a phase grating

13 -- Titanium oxide film (phase grating)

14 -- Photo mask using the diffraction grating from which a pitch changes serially

15 -- A slider rail, 16 -- A slider slot, 17 -- Taper section

18 -- An alumina titanium carbide, 19 -- A protective coat, 20 -- Film resist

21 -- The photo mask for magnetic-head sliders, 22 -- Ion beam

23 -- Reattachment object

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-321025

(43)公開日 平成8年(1996)12月3日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 5/60			G 1 1 B 5/60	C
// G 1 1 B 21/21	1 0 1		21/21	1 0 1 L

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平7-128169

(22)出願日 平成7年(1995)5月26日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 大川 貴子

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 日良 康夫

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 今山 寛隆

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内

(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

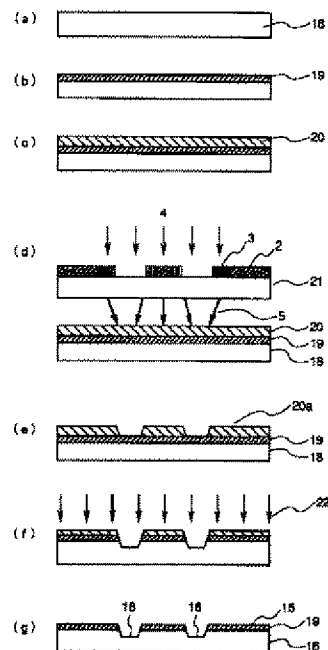
(54)【発明の名称】 ホトマスク及びイオンミリング加工方法並びに磁気ヘッドの加工方法

## (57)【要約】

【目的】本発明の目的は、側壁に再付着物が残らない高信頼性を有するスライダレール（スライダパターン）が得られるようにした磁気ヘッドの加工方法を提供することにある。

【構成】本発明は、スライダ面に感光性材料20を形成した磁気ヘッド基板18、19を準備し、マスクパターン2の少なくとも端部を回折格子3で形成したホトマスク21に露光光4を照射して前記回折格子3により露光光4を回折させて前記感光性材料20に前記マスクパターン2を露光転写し、その後前記感光性材料20を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパ角を付与し、このパターンの側壁にテーパ角が付与された感光性材料をマスクにして前記磁気ヘッド基板のスライダ面に対してイオンビーム22を照射してイオンミリング加工を施して側壁に再付着物が残らないスライダレール15を形成し、その後感光性材料を除去することを特徴とする磁気ヘッドの加工方法である。

図 7



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】回折格子で形成されたマスクパターンを有することを特徴とするホトマスク。

【請求項2】前記回折格子が位相格子であることを特徴とする請求項1記載のホトマスク。

【請求項3】前記回折格子において、格子ピッチが逐次変化していることを特徴とする請求項1記載のホトマスク。

【請求項4】マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したことを特徴とするホトマスク。

【請求項5】前記回折格子が位相格子であることを特徴とする請求項4記載のホトマスク。

【請求項6】前記回折格子において、格子ピッチが逐次変化していることを特徴とする請求項4記載のホトマスク。

【請求項7】マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパー角を付与することを特徴とする感光性材料へのパターンニング方法。

【請求項8】感光性材料を形成した被加工基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパー角を付与し、このパターンの側壁にテーパー角が付与された感光性材料をマスクにして被加工基板に対してエッチング加工を施すことを特徴とするエッチング加工方法。

【請求項9】感光性材料を形成した被加工基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパー角を付与し、このパターンの側壁にテーパー角が付与された感光性材料をマスクにして前記被加工基板に対してイオンビームを照射してイオンミリング加工を施すことを特徴とするイオンミリング加工方法。

【請求項10】スライダ面に感光性材料を形成した磁気ヘッド基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパー角を付与し、このパターンの側壁にテーパー角が付与された感光性材料をマスクにして前記磁気ヘッド基板のスライダ面に対してエッチング加工を施してスライダレールを形成し、その後感光性材料を除去することを特徴と

する磁気ヘッドの加工方法。

【請求項11】スライダ面に感光性材料を形成した磁気ヘッド基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパー角を付与し、このパターンの側壁にテーパー角が付与された感光性材料をマスクにして前記磁気ヘッド基板のスライダ面に対してイオンビームを照射してイオンミリング加工を施してスライダレールを形成し、その後感光性材料を除去することを特徴とする磁気ヘッドの加工方法。

【請求項12】スライダ面に感光性材料を形成した磁気ヘッド基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパー角を付与し、このパターンの側壁にテーパー角が付与された感光性材料をマスクにして前記磁気ヘッド基板のスライダ面に対してイオンビームを照射してイオンミリング加工を施して側壁に再付着物が残らないスライダレールを形成し、その後感光性材料を除去することを特徴とする磁気ヘッドの加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造プロセスへも適用可能なホトマスク、感光性材料へのパターンニング方法（リソグラフィ技術）、エッチング加工方法、イオンミリング加工方法並びに磁気ヘッドのスライダレール等を加工する磁気ヘッドの加工方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、感光性材料の露光に用いるホトマスクは石英の基板上にクロム膜で光を遮蔽するパターンを形成したものである。近年、Opplus ENo. 14（1991年11月）p. p. 82-88に記載されているように、位相シフトマスクを用いて解像限界を上げる試みがなされている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来のホトマスクを通過した光は図11(a)に示すような光強度分布を持つものであった。ところで、ネガ型の感光性材料は光が照射された部分が架橋反応を起こし現像液に対して不溶となる。架橋反応によって照射光は吸収されレジスト底部に行くほど照射光強度は弱くなるのであるが、パターンの端部の光強度はもともと図11(a)に示すように中心部分に比べて弱いので、レジストの底部まで到達する光の強度はパターン中心部ほど大きく、端部ほど小さく

なる。従って、架橋領域はレジスト上部ほど広く図 11 (a) に示すような逆台形形状となるため、現像後の形状は図 11 (b) に示すような逆テーパ形状になってしまう。即ち、従来のホトマスクを用いてネガ型の感光性材料を露光現像する際、感光性材料の側壁と被加工基板のなす角度（以下テーパ角と呼ぶ）が 90 度もしくはそれ以上の逆テーパ形状になってしまうという課題を有していた。

【0004】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、感光性材料の側壁と被加工基板のなすテーパ角を 90 度以下の順テーパ形状が得られるようにしたホトマスク及び感光性材料へのパターンニング方法を提供することにある。また本発明の他の目的は、感光性材料の側壁と被加工基板のなすテーパ角として任意の角度が得られるようにしたホトマスク及び感光性材料へのパターンニング方法を提供することにある。また本発明の他の目的は、感光性材料を形成した被加工基板に対して側壁に再付着物が残らないエッチング加工またはイオンミリング加工を施すようにしたエッチング加工方法及びイオンミリング加工方法を提供することにある。また本発明の他の目的は、側壁に再付着物が残らない高信頼性を有するスライダレール（スライダパターン）が得られるようにした磁気ヘッドの加工方法を提供することにある。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、回折格子で形成されたマスクパターンを有することを特徴とするホトマスクである。また本発明は、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したことを特徴とするホトマスクである。また本発明は、前記ホトマスクにおいて、前記回折格子が位相格子であることを特徴とする。また本発明は、前記ホトマスクにおいて、前記回折格子において、格子ピッチが逐次変化していることを特徴とする。

【0006】また本発明は、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパ角を付与することを特徴とする感光性材料へのパターンニング方法である。また本発明は、感光性材料を形成した被加工基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパ角を付与し、このパターンの側壁にテーパ角が付与された感光性材料をマスクにして被加工基板に対してエッチング加工を施すことを特徴とするエッチング加工方法である。

【0007】また本発明は、感光性材料を形成した被加

工基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパ角を付与し、このパターンの側壁にテーパ角が付与された感光性材料をマスクにして前記被加工基板に対してイオンビームを照射してイオンミリング加工を施すことを特徴とするイオンミリング加工方法である。また本発明は、スライダ面に感光性材料を形成した磁気ヘッド基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパ角を付与し、このパターンの側壁にテーパ角が付与された感光性材料をマスクにして前記磁気ヘッド基板のスライダ面に対してエッチング加工を施してスライダレールを形成し、その後感光性材料を除去することを特徴とする磁気ヘッドの加工方法である。

【0008】また本発明は、スライダ面に感光性材料を形成した磁気ヘッド基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパ角を付与し、このパターンの側壁にテーパ角が付与された感光性材料をマスクにして前記磁気ヘッド基板のスライダ面に対してイオンビームを照射してイオンミリング加工を施してスライダレールを形成し、その後感光性材料を除去することを特徴とする磁気ヘッドの加工方法である。また本発明は、スライダ面に感光性材料を形成した磁気ヘッド基板を準備し、マスクパターンの少なくとも端部を回折格子で形成したホトマスクに露光光を照射して前記回折格子により露光光を回折させて前記感光性材料に前記マスクパターンを露光転写し、その後前記感光性材料を現像して感光性材料におけるパターンの側壁にテーパ角を付与し、このパターンの側壁にテーパ角が付与された感光性材料をマスクにして前記磁気ヘッド基板のスライダ面に対してイオンビームを照射してイオンミリング加工を施して側壁に再付着物が残らないスライダレールを形成し、その後感光性材料を除去することを特徴とする磁気ヘッドの加工方法である。

#### 【0009】

【作用】ところで、感光性材料をマスク材として、エッチングを行う場合、特にイオンミリングや高バイアス電圧を印加した反応性イオンエッチングの場合、削られた基板材料が感光性材料の側壁に再付着するという現象が生じる。即ち、感光性材料のテーパ角が垂直に近いもし

くはそれ以上の場合、感光性材料の側壁に再付着した物質は照射されるイオンにほとんどさらされないためエッチングされることなく図10(a)に示すような厚い再付着物23を形成する。そしてこの感光性材料を除去した後、図10(b)のように再付着物23が突起状の異常を形成する場合が多い。このような形状は、例えば磁気ヘッドの浮上面加工の際に現れると素子として使用できなくなってしまう。このような現象を防止するためには感光性材料のテーパ角は図1(b)に示すようなテーパ角が90度以下の順テーパ形状であることが望ましく、再付着した材料も常にイオンにさらされ、例えばレジストをマスクにアルミナチタンカーバイドをエッチングする場合はレジストのテーパ角が約70度以下であれば再付着する速度よりエッチングされる速度の方が早くなるため再付着物を形成しない。そこで本発明は、マスクパターンの少なくとも端部において回折格子を形成して感光性材料の側壁を順テーパ形状に形成することにある。これにより被加工基板として、例えば磁気ヘッド基板であり、浮上面加工をする際、側壁に再付着物が残らないスライダレール（スライダパターン）の加工を施すことができ、その結果高信頼度の磁気ヘッドを製造することができる。

【0010】また本発明は、マスクパターンの少なくとも端部において所望の回折格子を形成することにより、\*

$$\sin \theta a = \lambda / d$$

但し、 $\theta a$  は回折角、 $\lambda$  は紫外線（露光光）4の波長、 $d$  は回折格子3のピッチである。また、回折光5がレジ

$$\sin \theta b = \sin \theta a / nr$$

但し、 $\theta b$  は屈折角、 $nr$  はレジスト9の屈折率である。ところで、例えば回折格子3のピッチ（格子間隔） $d$  は0.7  $\mu\text{m}$ 、紫外線（露光光）4の波長 $\lambda$  は0.365  $\mu\text{m}$ としたとき、回折角 $\theta a$  は上記（数1）式の関係から約31度となる。またレジスト9の屈折率 $nr$  は約1.5であるから、屈折角 $\theta b$  は上記（数2）式の関係から約20度となる。従って、回折格子3の領域において回折角 $\theta a$  が約31度で回折した回折光5は屈折角 $\theta b$  が約20度でもってレジスト9の中を斜めに進み、回折光が通過した領域は架橋し、現像後のレジストマスク（感光性材料マスク）9aのテーパ角 $\alpha$  は約70度で順テーパ形状となる。

【0013】（比較例1）図2は従来のホットマスクを用いてレジストマスクを形成する際の概略工程を示すものであって、本発明の実施例1と同様にレジスト9を塗布し、ホットマスク11を用いて紫外線4で露光する。ホットマスク11においては回折格子が存在しないため光は常に直進し、現像後のレジストマスク（感光性材料マスク）9'aのテーパ角 $\alpha'$  はほぼ90度であった。

【0014】（実施例2）図3は実施例1のホットマスクの回折格子部分のパターンを形成する材料をクロム膜から酸化チタン膜に変えた場合の概略工程を示すものであ

\* 半導体製造プロセスにおいて、感光性材料の側壁に所望のテーパ角を付与することができる。

【0011】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に従って説明する。

（実施例1）図1は本発明に係るホットマスクを用いてレジストマスクを形成する際の概略工程を示すものであって、1はホットマスク、2はホットマスクのパターンを形成するクロム膜、3は回折格子、4は露光用の紫外線（露光光）、5は回折光、9はレジスト（感光性材料）、7はレジストマスク（感光性材料マスク）9aを形成するための被加工基板（磁気ヘッド基板）である。本発明に係るホットマスク1を用いて次のような工程でレジストマスク（感光性材料マスク）9aを形成する。被加工基板（磁気ヘッド基板）7にレジスト9を塗布し、このレジスト（感光性材料）9をパターンの少なくとも端部に回折格子3を形成したホットマスク1を用いて紫外線（露光光）4により露光転写する。このとき紫外線（露光光）4はクロム膜（ホットマスク材料）2により遮蔽され、クロム膜2のない中央部の領域においては直進し、回折格子3の領域においては回折されて回折光5を生じる。この回折光5の回折角 $\theta a$  は次に示す（数1）式で表される。

【0012】

（数1）

※ スト9に入射するとき、回折光は次に示す（数2）式で表される角度 $\theta b$  で屈折してレジスト9の中を進む。

（数2）

って、この場合もホットマスク12の回折格子13の部分で実施例1と同様に回折光5を生じ、レジストマスク（感光性材料マスク）9aのテーパ角 $\alpha$  は約70度となる。実施例1の場合は回折格子3のクロム膜の部分で光は透過しないために紫外線（露光光）4の半分は遮蔽され、回折光5の強度は半分以下になる。これに対し本実施例の場合には、回折格子が光を透過する酸化チタン膜により形成された位相格子13であるため、回折光5の強度は実施例1の場合より強い。そこで、厚膜のレジスト（感光性材料）を使用する場合も、レジスト底部まで回折光5が到達するために本発明の効果を十分達成することができる。

【0015】（実施例3）図4は実施例1のホットマスクの回折格子の格子ピッチを一定ではなくマスクパターンの外周部ほど小さくするようにした場合の概略工程を示すものであって、ホットマスク14の回折格子3'のピッチは3  $\mu\text{m}$ から0.7  $\mu\text{m}$ とし、外周部分ほど格子ピッチは狭い。この場合も回折格子3'の部分で実施例1と同様に回折光5を生じ、格子ピッチ $d$ に応じて回折角 $\theta a$  は変化し、マスクパターンの最外周部で回折角 $\theta a$  は約30度であり、レジスト（感光性材料）9の中に屈折角 $\theta b$  が約20度で屈折して入射し、現像後のレジスト

マスク（感光性材料マスク）9aのテーパ角 $\alpha$ は約70度となる。

【0016】（実施例4）図5は本発明に係るホトマスクの回折格子のピッチdを変化させたときのレジストマスク（感光性材料マスク）9aのテーパ角 $\alpha$ を測定した結果である。レジスト（感光性材料）9としては、厚さ\*

$$\theta_c = 90^\circ - \theta_b = 90^\circ - \sin^{-1}(\lambda / (d \cdot nr)) \quad (\text{数3})$$

なお、紫外線（露光光）4の波長 $\lambda$ は0.365 $\mu$ mとし、レジスト9の屈折率nrは約1.5とする。紫外線（露光光）4がレジスト9の中を被加工基板7の面に対し角度 $\theta_c$ で斜めに進み、結果的にレジストマスク（感光性材料マスク）9aのテーパ角 $\alpha$ は角度 $\theta_c$ にほぼ等しい値に露光現像される。このような特性を利用して回折格子のピッチdを、例えば0.5~5 $\mu$ mと変えることによりレジストマスク（感光性材料マスク）9aのテーパ角 $\alpha$ を、例えば60~87°と任意に制御することができる。

【0017】（実施例5）図6は本発明に係るホトマスクを用いてスライダレール（スライダパターン）を加工した磁気ヘッドを示す斜視図である。図6に示す磁気ヘッドは、スライダレール15、スライダ溝16、テーパ部17、端面に形成された磁気素子61よりなり、磁気ディスク回転時にテーパ部17方向からの空気流により浮上する機能を持つ。スライダ溝16の深さは約10 $\mu$ m、レール15の幅はもっとも細い部分で約100 $\mu$ mである。この磁気ヘッドにおけるスライダレールの加工方法を図7を用いて説明する。磁気素子61を形成後、ブロック状に切断研磨されたアルミナチタンカーバイド18上に適当な保護膜19をスパッタリングにより成膜した後、マスク材であるネガ型のフィルムレジスト（感光性材料）20をラミネートする。ここで、磁気ヘッドのスライダパターン（スライダレール）の外周部に回折格子3を形成したホトマスク21（図8に示す。）を用いて、フィルムレジスト（感光性材料）20を露光転写し、炭酸ナトリウム水溶液により現像し、レジストマスク（感光性材料マスク）20aを形成する。回折格子3のピッチdは0.7 $\mu$ mであるから光は約30度で回折し、フィルムレジストマスク（感光性材料マスク）20aのテーパ角 $\alpha$ は約70度となる。このフィルムレジストマスク（感光性材料マスク）20aをマスク材として保護膜19及びアルミナチタンカーバイド18をアルゴンガスを用いてほぼ平行なイオンビーム22を照射してイオンミリングにより10 $\mu$ mの溝加工を施す。このとき加工されたアルミナチタンカーバイドはフィルムレジストマスク（感光性材料マスク）20aの側壁にいったん再付着するが、フィルムレジストマスク20aのテーパ角が70度と小さいため、フィルムレジストマスク20aの側壁も十分な速度で加工され、再付着物はフィルムレジストマスク20aの側壁はもとより溝16の側壁にも残らない。そしてイオンミリング後、フィルムレジ

\*5 $\mu$ mのネガ型のレジストを用いた。図中実線で示したのはレジスト9の中への入射光が被加工基板7の面となす角度 $\theta_c$ であり、レジスト9の中へ光が屈折して入射する角度（屈折角度） $\theta_b$ を用いて更に上記（数1）式及び（数2）式の関係から、次に示す（数3）式で表される。

ストマスク20aを除去することによって再付着物が側壁に残らない高信頼性を有するスライダレール15をスライド面（浮上面）に形成することができる。

【0018】このように、本実施例によれば、回折格子をマスクパターンの少なくとも端部に形成したホトマスクを用いてレジストマスク（感光性材料マスク）20aを形成し、磁気ヘッド基板18、19の浮上面（スライダ面）にイオンミリング（エッチング）によってスライダ溝16を加工してスライダレール（スライダパターン）15を形成した際、スライダ溝16の側壁に再付着物が生じないため信頼性の高い磁気ヘッドのスライダレールを得ることができる。

【0019】（実施例6）図9は、本発明に係るホトマスクを用いてポジ型のレジストマスク（感光性材料マスク）を形成する際の概略工程を示すものであって、26はホトマスク、2はホトマスクのパターンを形成するクロム膜、3は回折格子、4は露光用の紫外線（露光光）、5は回折光、27はポジ型のレジスト（ポジ型の感光性材料）、7aはレジストマスク（感光性材料マスク）27aを形成するための半導体用等の基板である。第6の実施例においても、第1の実施例と同様に本発明に係るホトマスク26を用いて次のような工程でレジストマスク（感光性材料マスク）27aを形成する。半導体用等の基板7aにポジ型のレジスト（ポジ型の感光性材料）27を塗布し、このレジスト（感光性材料）27をパターンの少なくとも端部に回折格子3を形成したホトマスク26を用いて紫外線（露光光）4により露光転写する。このとき紫外線（露光光）4はクロム膜2により遮蔽され、クロム膜2のない中央部の領域においては直進し、回折格子3の領域においては回折されて回折光5を生じる。ところで、例えば回折格子3のピッチ（格子間隔）dは0.7 $\mu$ m、紫外線（露光光）4の波長 $\lambda$ は0.365 $\mu$ mとしたとき、回折角 $\theta_a$ は上記（数1）式の関係から約31度となる。またポジ型のレジスト27の屈折率nrは約1.5であるから、屈折角 $\theta_b$ は上記（数2）式の関係から約20度となる。

【0020】従って、回折格子3の領域において回折角 $\theta_a$ が約31度で回折した回折光5は屈折角 $\theta_b$ が約20度でもってポジ型のレジスト27の中を斜めに進み、回折光が通過した領域は現像液に対して溶解し、現像後のポジ型のレジストマスク（ポジ型の感光性材料マスク）27aのテーパ角 $\alpha$ は約110度で逆テーパ形状となる。そして上記回折格子3のピッチdを、例えば0.

5～5 $\mu\text{m}$ と変えることによりポジ型のレジストマスク（ポジ型の感光性材料マスク）27aのテーパ角 $\alpha$ を、例えば93～120°と任意に制御することができる。この実施例を半導体の製造プロセスへも適用することができる。

#### 【0021】

【発明の効果】本発明によれば、感光性材料の側壁と被加工基板のなすテーパ角を90度以下の順テーパ形状が得ることができる効果を奏する。また本発明によれば、感光性材料の側壁と被加工基板のなすテーパ角として任意の角度を得ることができる効果を奏する。また本発明によれば、感光性材料を形成した被加工基板に対して側壁に再付着物が残らないエッチング加工またはイオンミリング加工を施すことができる効果を奏する。また本発明によれば、磁気ヘッドにおいて、スライダ溝の側壁に再付着物が残らない高信頼性を有するスライダレール（スライダパターン）を得ることができる効果を奏する。即ち、浮上面加工をする際、側壁に再付着物が残らないスライダレール（スライダパターン）の加工を施すことができ、その結果高信頼度の磁気ヘッドを製造することができる効果を奏する。また本発明によれば、マスクパターンの少なくとも端部において所望の回折格子を形成することにより、半導体製造プロセスにおいて、感光性材料の側壁に所望のテーパ角を付与することができる効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る第1の実施例であるホトマスクを用いてパターンを露光転写するリソグラフィ工程を示す図である。

【図2】本発明に係る実施例について比較する比較例であるリソグラフィ工程を示す図である。

【図3】本発明に係る第2の実施例であるホトマスクを用いてパターンを露光転写するリソグラフィ工程を示す図である。

【図4】本発明に係る第3の実施例であるホトマスクを\*

\*用いてパターンを露光転写するリソグラフィ工程を示す図である。

【図5】本発明に係る第4の実施例である回折格子のピッチとテーパ角の関係を示す図である。

【図6】本発明の第5の実施例に係る磁気ヘッドのスライダを示す斜視図である。

【図7】本発明の第5の実施例に係る磁気ヘッドのスライダを加工する概略工程を示す図である。

【図8】本発明の第5の実施例に係る磁気ヘッドのスライダ用ホトマスクを示す平面図である。

【図9】本発明に係る第6の実施例であるホトマスクを用いてパターンを露光転写するリソグラフィ工程を示す図である。

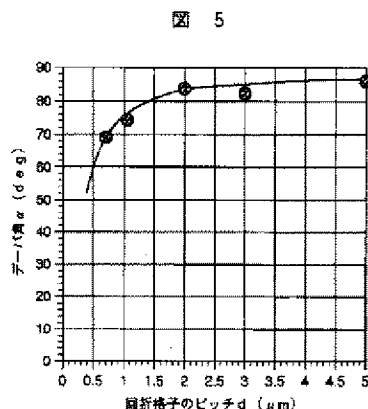
【図10】再付着物がレジストマスク及び溝の側壁に付着した状態を示す断面図である。

【図11】従来のリソグラフィ工程を示す断面図である。

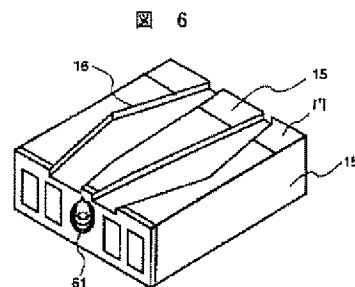
#### 【符号の説明】

- 1…ホトマスク、2…ホトマスク材料（クロム膜）、3…回折格子
- 4…紫外線（露光光）、5…回折光、7…被加工基板（磁気ヘッド基板）
- 9…レジスト（露光性材料）、12…位相格子を用いたホトマスク
- 13…酸化チタン膜（位相格子）
- 14…ピッチが逐次変化する回折格子を用いたホトマスク
- 15…スライダレール、16…スライダ溝、17…テーパ部
- 18…アルミナチタンカーバイド、19…保護膜、20…フィルムレジスト
- 21…磁気ヘッドスライダ用ホトマスク、22…イオンビーム
- 23…再付着物

【図5】

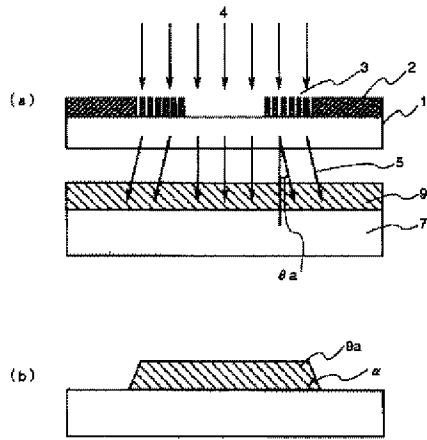


【図6】



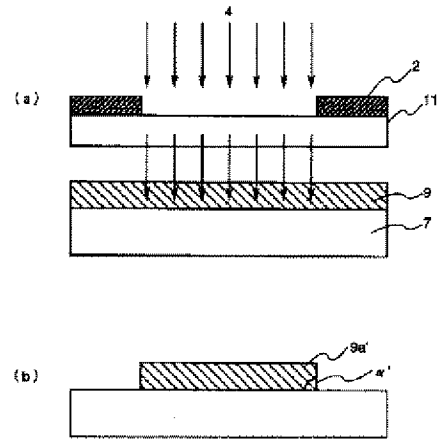
【図1】

図 1



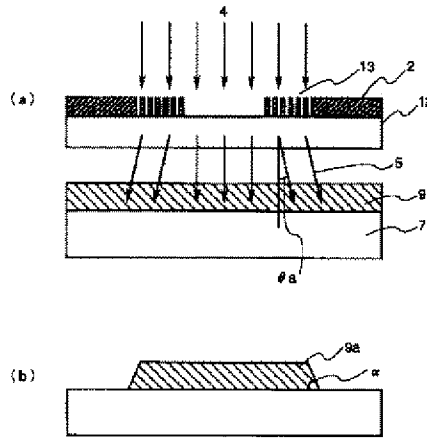
【図2】

図 2



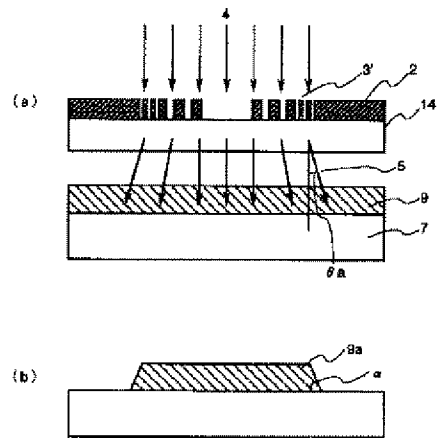
【図3】

図 3



【図4】

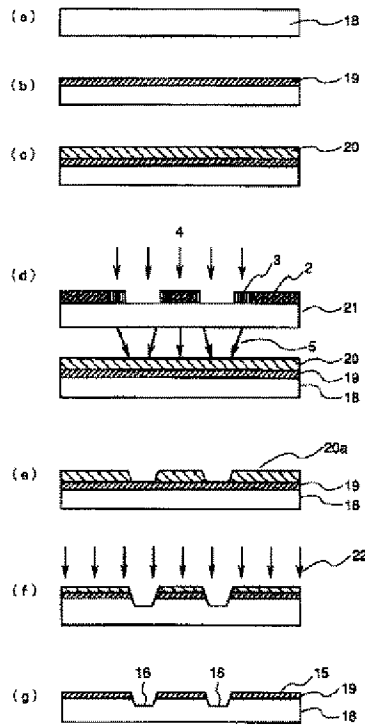
図 4





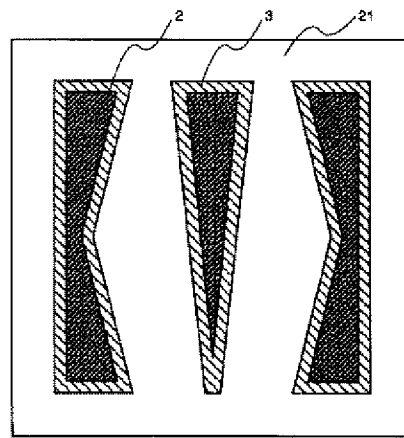
【図7】

図 7



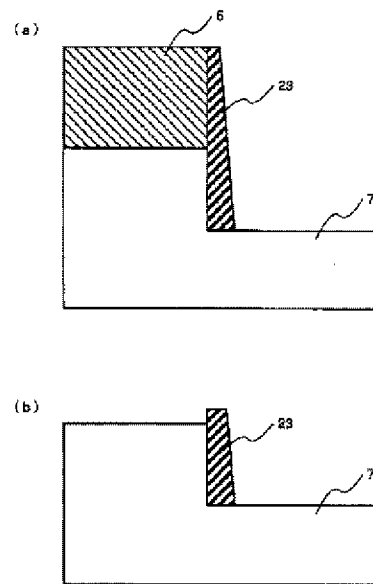
【図8】

図 8



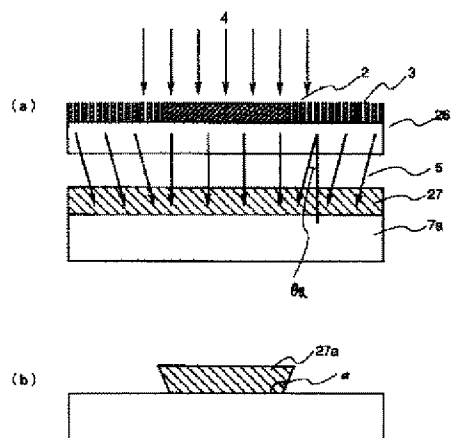
【図10】

図 10



【図9】

図 9



(9)

特開平8-321025

【図11】

図 11

